Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1203-1218

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۲۱۸-۱۲۰۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی آلودگی رودخانه آجی‌چای در محدوده دشت تبریز براساس تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های کیفی NSFWQI و IRWQI

زینب پاشازاده لاله[1]- هادی جعفری[2*]- عبدالرضا واعظی هیر[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/ ۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲

چکیده

رودخانه آجی‌چای از مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در استان آذربایجان شرقی و یکی از بزرگترین رودهای ورودی به دریاچه ارومیه می‌باشد که از دشت تبریز عبور می‌نماید. به‌دلیل تمرکز صنایع مختلف، کشاورزی و مناطق شهری در این دشت، این رودخانه مهم مستعد آلودگی و تخریب کیفی می‌باشد. در این تحقیق به منظور ارزیابی آلودگی این رودخانه براساس تغییرات مکانی و زمانی شاخص بنیاد ملی بهداشت آمریکا در دو فرم ضربی ($NSFWQI_m$) و افزایشی ($NSFWQI_a$) و شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)، تعداد ۱۶ ایستگاه نمونه‌برداری در طول مسیر رودخانه تعیین و طی دو فصل تر (اردیبهشت‌ماه ۹۵) و خشک (شهریورماه ۹۵) اقدام به نمونه‌برداری گردید. پارامترهای هدایت الکتریکی، دما، اکسیژن محلول و pH در صحرا و کل جامدات محلول، کدورت، یون‌های اصلی، نیترات، فسفات، اکسیژن‌خواهی زیستی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی و آلاینده‌های زیستی (کلی‌فرم مدفوعی) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. مطابق نتایج، افزایش مقادیر شاخص‌های کیفی در مسیر جریان رودخانه ضمن عبور از مناطق شهری، کشاورزی و صنعتی مشاهده شده که بیانگر آلودگی و تخریب کیفی آب رودخانه به‌سمت پایین‌دست می‌باشد. میانگین مقادیر فرم‌های افزایشی و ضربی شاخص بنیاد ملی بهداشت آمریکا در فصل تر به ترتیب برابر ۳۹/۸ و ۲۵/۸ و در فصل خشک برابر ۲۹/۵ و ۱۶/۸ و متوسط شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران برابر ۱۴/۵ در فصل تر و ۱۴/۸ در فصل خشک محاسبه شده که نشان‌دهنده کیفیت پایین‌تر رودخانه در فصل خشک نسبت به فصل تر ناشی از تغییرات در رژیم جریان و آبدهی آن می‌باشد. ارزیابی کیفی رودخانه آجی‌چای با استفاده از شاخص‌های مورد بررسی نشان‌دهنده وضعیت بد تا خیلی بد رودخانه در اکثر ایستگاه‌ها به‌خصوص قسمت‌های میانی دشت تبریز می‌باشد. این موضوع بیانگر تخریب کیفی رودخانه آجی‌چای در اثر ورود آلودگی از منابع آلاینده به‌ویژه فاضلاب شهری و پساب صنعتی بوده و لزوم مدیریت و بهبود کیفی این رودخانه مهم از طریق شناسایی، پایش و کنترل مستمر منابع آلاینده، جلوگیری از تخلیه فاضلاب خام به رودخانه، الزام به تصفیه فاضلاب‌های صنعتی قبل از تخلیه به رودخانه و نظارت بر عملکرد تصفیه‌خانه‌های موجود (نظیر تصفیه‌خانه شهرک صنعتی چرمشهر) را مشخص می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان شرقی، تخریب کیفی، فاضلاب، کلی‌فرم، طبقه‌بندی کیفی، نیترات

مقدمه

کیفیت آب در هر محل منعکس‌کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی می‌باشد. در طول دهه‌های اخیر با توجه به بحران منابع آبی به دلیل استفاده نادرست و یا آلودگی آب در اثر تخلیه زه‌آب‌های کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری، نیاز به مدیریت کیفی منابع آبی بیشتر احساس شده و لذا لازم است برای اطلاع‌رسانی عموم مردم و اتخاذ شیوه‌هایی برای کاهش تخریب کیفیت آب برنامه‌ریزی لازم انجام شود. با پایش‌های متعددی که در طول مسیر منابع آبی در زمان‌های مختلف صورت می‌گیرد، اطلاعات پایه و اولیه‌ای برای سنجش کیفیت آب به دست می‌آید که با توجه به این اطلاعات می‌توان وضعیت کیفی آب را مشخص نمود.

پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات زیادی درباره رفتار منابع آب بوده و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. یکی از این روش‌ها، شاخص کیفی آب (Water Quality Index, WQI) می‌باشد. شاخص‌های کیفی ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی و دانشیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: h_jafari@shahroodut.ac.ir)
۳- دانشیار هیدروژئولوژی گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز
DOI: 10.22067/jsw.v34i6.80732

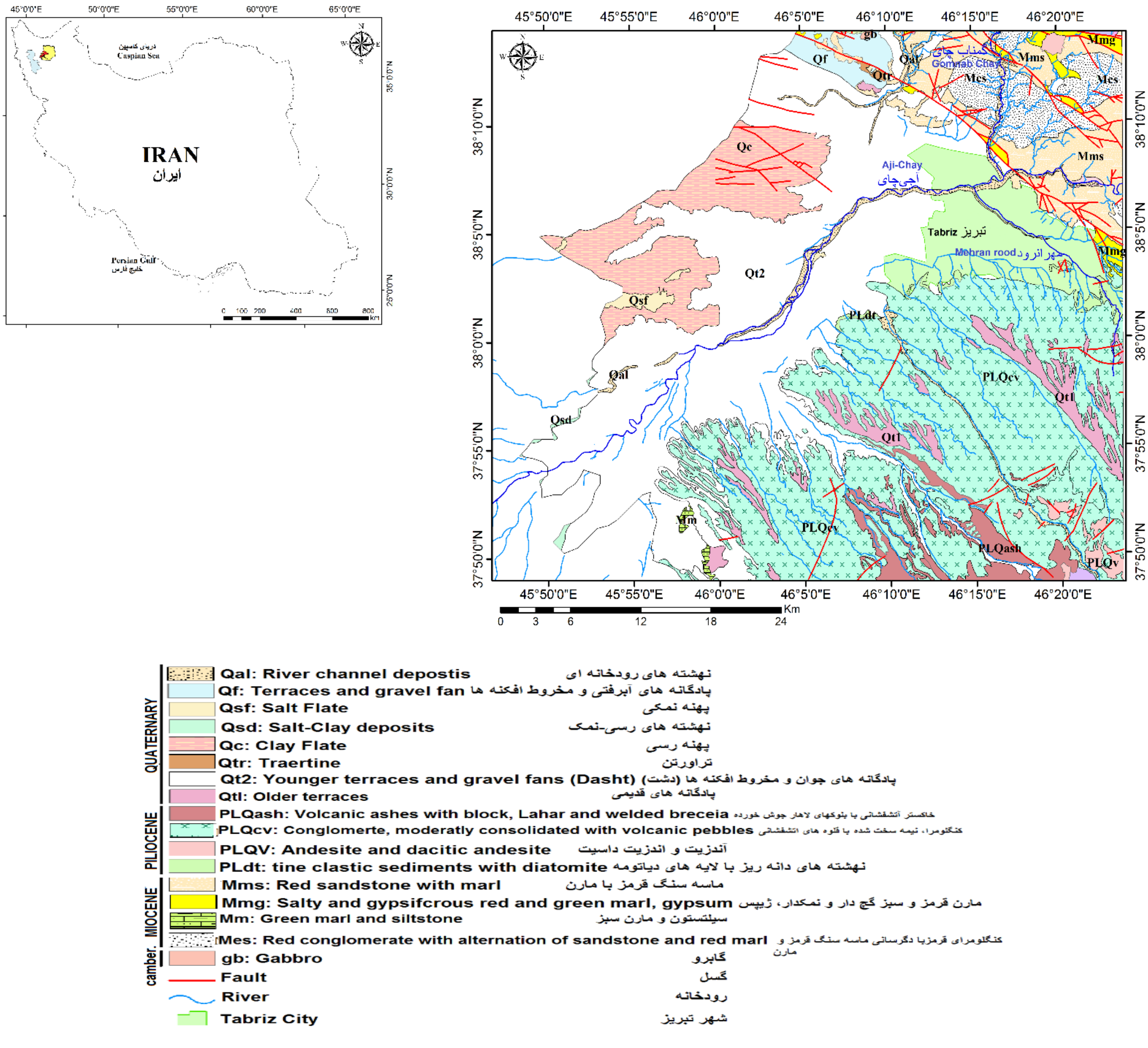
کیفیت آب هستند که در آنها داده‌های مربوط به چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی وارد می‌شوند و به‌وسیله یک عدد، میزان سلامتی آب را نشان می‌دهند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود.

همه کشورها برای پهنه‌بندی کیفی منابع آب سطحی خود از شاخص‌های مختلفی استفاده کرده‌اند. در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه انجام شده است. برای مثال شمسایی و همکاران (۱۷) طی سه سال و با به‌کار بردن شاخص اورگان (OWQI)، شاخص‌های بنیاد ملی بهداشت آمریکا ($NSFWQI_m$ و $NSFWQI_a$) و شاخص کیفی بریتیش کلمبیا (BCWQI) اقدام به بررسی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون و دز کردند. نتایج این مطالعه نشان داد شاخص $NSFWQI_m$ شاخصی مناسب برای پهنه‌بندی این رودخانه می‌باشد. کیفیت آب سد مخزنی کرخه در شمال غربی خوزستان به‌منظور انتخاب شاخص کیفی مناسب علمی برای پایش مداوم اثرات احتمالی این سازه بزرگ آبی بر کیفیت آب رودخانه کرخه مورد بررسی قرار گرفت (۱۳). در این مطالعه با استفاده از چهار شاخص کیفی معتبر $NSFWQI_m$، $NSFWQI_a$، OWQI و شاخص دینیوس، کیفیت آب در چهار ایستگاه نمونه‌برداری به صورت هر دو ماه یک بار و سالیانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این مقایسه نشان داد شاخص $NSFWQI_m$ تغییرات کیفی آب سد کرخه را بهتر از دیگر شاخص‌ها نشان می‌دهد. برای بررسی کیفیت آب دریاچه تالابی زریوار (زریبار) از شاخص‌های مؤسسه ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) با به‌کارگیری ۹ پارامتر کیفی، شاخص اورگان (OWQI) با استفاده از ۸ پارامتر و شاخص کیفی کانادا (CWQI) با کاربرد ۲۲ پارامتر اصلی استفاده گردید (۷). نقشه پهنه‌بندی دریاچه زریوار از نظر شاخص‌های OWQIو NSFWQI نشان داد که آب دریاچه با توجه به شاخص NSFWQI در محدوده کیفی متوسط و از نظر شاخص OWQI در محدوده بسیار بد قرار دارد. کیفیت آب دریاچه از نظر شاخص CWQI به طورکلی بد، برای آشامیدن خوب، برای آبزیان بد و برای تفریح، آبیاری و استفاده احشام عالی بیان گردید. مفتاح هلقی (۱۱) به‌منظور بررسی وضعیت کیفی بخشی از آب رودخانه اترک واقع در استان گلستان، از شاخص‌های NSFWQI، BCWQI و روش شاخص ساده مدیریتی سید استفاده نمود. شاخص‌های کیفی نشان دادند که به‌غیر از اولین ایستگاه بالادست که در تمامی فصل‌ها وضعیت نسبی خوبی دارد، سایر ایستگاه‌ها در شرایط متوسط تا بد می‌باشند. از دیگر مطالعات ارزیابی کیفیت منابع آب در ایران با استفاده از شاخص‌های کیفی می‌توان به بررسی کیفیت آب سد آیدوغموش در حوالی میانه (۱۸)، ارزیابی کیفیت آب رودخانه هیروچایی در خلخال (۱۴)، بررسی کیفیت رودخانه گل گل ایلام با استفاده از شاخص NSFWQI (۱۲)، بررسی کیفیت آب رودخانه دوهزار تنکابن (۱۹)، بررسی آلودگی تالاب چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری با تحلیل تأثیرات کمی و کیفی پساب‌های اراضی از دو بعد مکانی و زمانی با استفاده از شاخص کیفیت آب ایران (۲۰)، ارزیابی کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان (۲۱) و بررسی کیفیت آب رودخانه‌های کرج و کن (۱) اشاره نمود.

در سایر نقاط دنیا نیز مطالعاتی مشابه در خصوص ارزیابی و پهنه بندی منابع آبی با استفاده از شاخص‌های کیفی صورت گرفته است. آکویونلو و آکینار (۲) مطالعه‌ای را با استفاده از شاخص‌های کیفی بر روی کیفیت آب دریاچه سپانکا در ترکیه انجام دادند. در این مطالعه علاوه بر بیان وجود تهدیدی جدی در زیست‌مغذی شدن آب دریاچه به اصلاح شاخص کیفی NSFWQI، به‌منظور رسیدن به نتایج مفید و کافی با استفاده از پارامترهای محدودتر پرداخته شد و با توجه به عدم در نظر گرفتن پارامتر کلی‌فرم مدفوعی در شاخص اصلاح‌شده در مقایسه با شاخص قبلی مشخص گردید کلی‌فرم مدفوعی دارای اثر قابل توجهی بر طیف وسیعی از امتیاز شاخص کیفی می‌باشد. با این وجود تعداد پارامترهای مورد استفاده برای تعیین شاخص کیفی می-تواند با پارامترهای اندازه‌گیری شده در دسترس، متفاوت باشد. بر این اساس عامل وزن نیز برای هر پارامتر متفاوت خواهد بود. لذا این محققین تفاوت در مقادیر شاخص‌های کیفی را به دلیل اختلاف در انتخاب پارامترهای کیفی آب بیان نمودند. شارما و کانسال (۲۲) با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از نتایج آنالیز آب در چهار ایستگاه در طول رودخانه یامونا در دهلی نو به مدت ۱۰ سال نشان دادند که با توجه به تخلیه انواع فاضلاب‌ها به رودخانه، حتی پس از اجرای طرح کاهش آلودگی، رودخانه یامونا بسیار آلوده بوده و برای هیچ استفاده‌ای مناسب نمی‌باشد. امدی و همکاران (۳) با استفاده از شاخص آلودگی فلزی و تکنیک‌های آماری، با تعیین دوازده محل نمونه‌برداری در طول رودخانه چنچاگا در شمال نیجریه نشان دادند که کیفیت آب رودخانه تحت تاثیر فرایندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانزاد در حوضه آبریز می‌باشد، به‌طوریکه غلظت بالای کلسیم و منیزیم در برخی نقاط به‌دلیل هوازدگی و انحلال سنگ بستر، نیترات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی و رواناب شهری و غلظت بالای فلزات مرتبط با اکتشاف و بهره‌برداری طلا در منطقه می‌باشد. کیفیت رودخانه گنگا و محل تلاقی آن با رودخانه یامونا در منطقه الله‌آباد هند با استفاده از شاخص کیفی بررسی شده است (۲۳). برای ارزیابی کیفیت رودخانه از هشت محل پس از باران‌های موسمی نمونه‌برداری شده و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد کیفیت آب رودخانه گنگا در طول مسیر خود به‌دلیل تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و نیز رها کردن خاکستر مردگان به‌داخل رودخانه کاهش یافته است. افندی و واردیاتنو (۸) در مطالعه خود کیفیت آب رودخانه کامبالوانگ واقع در پارک ملی هالیمون سالاک اندونزی را با استفاده از شاخص NSFWQI مورد بررسی قرار دادند. ایشان شاخص کیفی را مناسب برای ارزیابی و

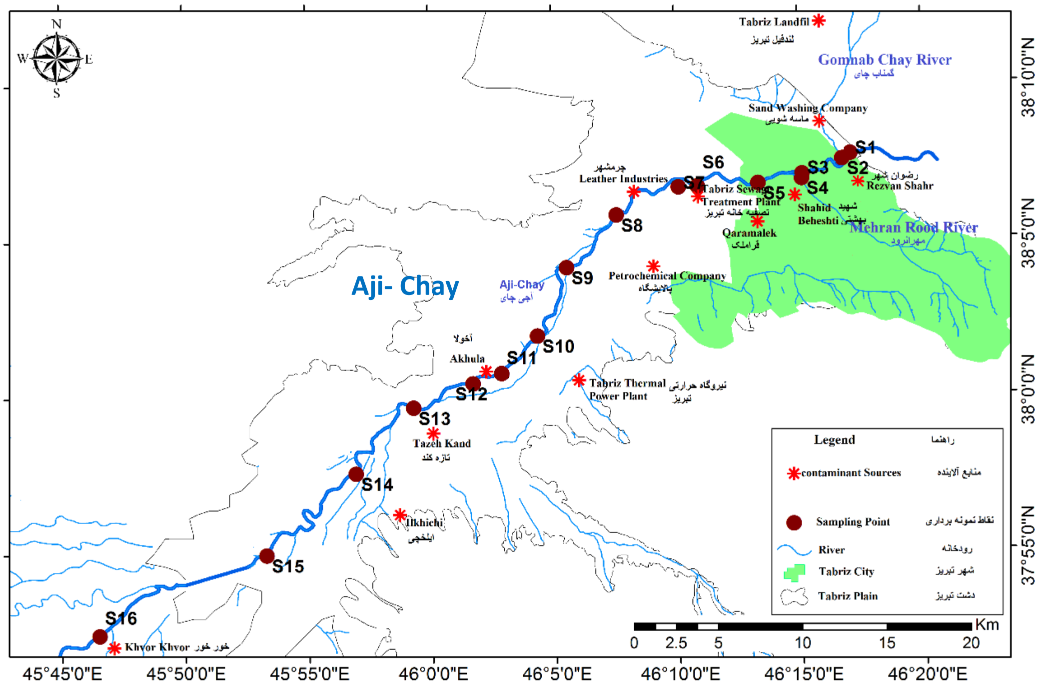
مدیریت کیفی آب و نیز مفید برای اقدامات لازم جهت بهبود کیفیت آب دانسته و بر اساس تجزیه و تحلیل شاخص آلودگی، آب رودخانه را در رده خوب طبقه‌بندی نمودند. نتایج نشان داد فعالیت‌های کشاورزی و نیروگاه آبی واقع در بالادست، هیچ تأثیر منفی بر کیفیت آب این رودخانه ندارد.

رودخانه آجی‌چای یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین رودخانه‌های جاری در استان آذربایجان شرقی و از بزرگترین رودهای ورودی تأمین‌کننده آب دریاچه ارومیه بوده که از دشت تبریز عبور می‌نماید. به‌دلیل تمرکز صنایع مختلف، کشاورزی و مناطق شهری در حاشیه رودخانه در این دشت، این رودخانه مهم مستعد آلودگی می‌باشد. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی کیفی و ارزیابی آلودگی رودخانه آجی‌چای در محدوده دشت تبریز با استفاده از تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های کیفی رایج می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location and geological map of the study area



شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه‌برداری و منابع آلاینده احتمالی رودخانه آجی‌چای

Figure 2- Location of sampling points and possible contaminant sources along the Aji-Chay river

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی تبریز در استان آذربایجان شرقی و در حد فاصل ″۲۰ ´۴۸ °۴۵ تا ″۲۵ ´۵۱ °۴۶ طول شرقی و ″۳۲ ´۴۵ °۳۷ تا ″۲۵ ´۲۸ °۳۸ عرض شمالی و در حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد. آجی‌چای بزرگترین رودخانه دائمی محدوده مطالعاتی تبریز به‌شمار می‌رود که از دامنه‌های جنوب‌شرقی کوه سبلان و دامنه‌های شمالی رشته کوه بزقوش سرچشمه گرفته و وارد این محدوده مطالعاتی و دشت تبریز می‌شود. آجی‌چای یکی از مهم‌ترین رودهای ورودی به دریاچه ارومیه است (۲۶). مهران‌رود و گمناب‌چای سرشاخه‌های اصلی آجی‌چای بوده که در محدوده دشت تبریز به آجی‌چای می‌ریزند (شکل ۱). آب رودخانه در منطقه مورد مطالعه بیشتر برای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

منطقه مورد مطالعه با توجه به داده‌های ایستگاه سنوپتیک تبریز طی دوره ۳۰ ساله (۱۳۹۴-۱۳۶۴) دارای اقلیم نیمه خشک-خشک سرد بوده و متوسط دما و بارندگی سالانه منطقه به ترتیب ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد و ۲۴۵/۵ میلی‌متر می‌باشد.

سازندهای متعلق به دوره میوسن (سازند قرمز فوقانی) در شمال شرقی منطقه مورد مطالعه و واحدهای سنگی پلیوسن در دامنه ارتفاعات جنوبی دشت و نهشته‌های کواترنر که به‌شکل اراضی تپه ماهور با رسوبات تراسی و مخروط افکنه هستند، پهنه اصلی دشت تبریز را می‌پوشاند (شکل ۱).

روش تحقیق

با استفاده از تصاویر هوایی گوگل ارث (Google Earth) و انجام عملیات صحرایی جهت شناسایی منابع آلاینده احتمالی در طول مسیر رودخانه آجی‌چای، تعداد ۱۶ ایستگاه در محدوده دشت تبریز انتخاب شده (شکل ۲) و نمونه‌برداری از محل هر ایستگاه طی دو فصل تر (اردیبهشت ماه ۹۵) و خشک (شهریور ماه ۹۵) با رعایت روش‌ها و اصول استاندارد انجام شده است (۱۵). مهم‌ترین منابع آلاینده شناسایی‌شده در مسیر رودخانه آجی‌چای شامل منابع شهری (فاضلاب رضوانشهر، شهرک شهید بهشتی، پساب تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز و فاضلاب روستاهای پایین‌دست)، منابع صنعتی (فاضلاب چرمشهر، پتروشیمی و نیروگاه)، منابع کشاورزی (زمین‌های کشاورزی مجاور رودخانه) و منابع متفرقه (لندفیل و فاضلاب ماسه‌شویی) بوده است (شکل ۲). لازم به ذکر است تخلیه تعدادی از این منابع آلاینده نظیر خروجی ماسه‌شویی، فاضلاب چرمشهر، پساب نیروگاه و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز به داخل رودخانه آجی‌چای در زمان نمونه-برداری کاملاً مشهود بوده و ثبت شده است.

ظروف مورد استفاده برای نمونه‌برداری به‌منظور آنالیز مواد آلی (BOD و COD) ظروف شیشه‌ای تیره رنگ استریل شده انتخاب شدند. نمونه‌ها برای انجام سایر آنالیزهای مورد نیاز در بطری‌های از جنس پلی‌اتیلن جمع‌آوری گردید. نمونه‌برداری از ۵ سانتی‌متری زیر

سطح آب پس از چند بار شستشوی بطری‌ها با آب رودخانه انجام شده و پس از پرشدن کامل بطری‌ها و خروج هوای داخل آنها درب بطری محکم بسته شده است. لازم به ذکر است درب بطری‌های استریل شده در زیر آب باز شده و بعد از پر شدن آب دوباره در زیر آب بسته شد. نمونه‌ها درحین انتقال به آزمایشگاه در محفظه خنک حاوی یخ خشک نگهداری شده تا از فعالیت میکروارگانیسم‌ها در مدت انتقال به آزمایشگاه جلوگیری شود. میزان اکسیژن محلول (DO) در محل با استفاده از دستگاه DO متر (AZ مدل ۸۴۰۳)، pH با استفاده از دستگاه pH متر (AZ مدل ۸۶۰۱) و هدایت الکتریکی نیز با استفاده از دستگاه EC متر (Hanna portable EC meter) اندازه‌گیری گردید. کدورت نمونه‌های آب بعد از هم‌زدن کامل نمونه آب برداشته شده از رودخانه و بلافاصله ریختن آن درون سل دستگاه توربیدی‌متر بر حسب NTU اندازه‌گیری گردید. یون‌های اصلی کلسیم و منیزیم برای محاسبه سختی نمونه آب به روش تیتراسیون بر اساس دستورالعمل روش‌های استاندارد (۱۵) و غلظت نیترات به روش اسپکتروفوتومتری اندازه‌گیری گردید. مقادیر فسفات نمونه‌ها نیز به روش کالریمتری تعیین گردید. میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) نمونه‌ها به روش تیتراسیون، اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD) با استفاده از دستگاه OxiTop IS6 محصول شرکت WTW و مقدار کلی‌فرم موجود در نمونه‌ها به روش MPN (۹ لوله‌ای) در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید.

برای ارزیابی آلودگی رودخانه آجی‌چای از شاخص‌های کیفی بنیاد ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) و شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) استفاده شده است. شاخص NSFWQI به صورت دو فرم رایج افزایشی ($NSFWQI_a$) و ضربی ($NSFWQI_m$) طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید:

$$NSFWQI_a = \sum_{i=1}^{n} w_i I_i$$ رابطه ۱ (فرم افزایشی)

$$NSFWQI_m = \prod_{i=1}^{n} I_i^{w_i}$$ رابطه ۲ (فرم ضربی)

که در این روابط n تعداد پارامترها، I_i زیر شاخص هر پارامتر و W_i فاکتور وزنی می‌باشد. مقادیر فاکتور وزنی در جدول ۱ برای پارامترهای مورد استفاده در این شاخص ارائه گردیده است.

مقادیر هر زیر شاخص (I_i) با استفاده از نرم‌افزار آنلاین WQI Calculator و بر اساس منحنی‌های امتیاز (شکل ۳) محاسبه شده و در نهایت کیفیت آب بر اساس جدول ۲ طبقه‌بندی گردید.

شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) طبق رابطه ۳ محاسبه شده است:

$$IRWQI_{SC} = \left[\prod_{i=1}^{n} I_i^{W^i}\right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad و \quad \gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$ رابطه ۳

که در آن W_i وزن پارامتر i ام، n تعداد پارامترها و I_i مقدار شاخص برای پارامتر i ام بر اساس منحنی امتیاز می‌باشند. وزن هر پارامتر با استفاده از جدول ۳ و مقادیر زیرشاخص‌ها با استفاده از منحنی‌های امتیاز (شکل ۴) محاسبه شده است.

لازم به ذکر است به‌دلیل عدم اندازه‌گیری پارامتر آمونیوم در نمونه‌های برداشت شده از رودخانه آجی‌چای، عدد وزنی آن طبق راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران بین پارامترهای دیگر به‌طور یکسان توزیع گردید، به‌طوری‌که مجموع وزن‌ها برابر یک می‌باشد. پس از محاسبه شاخص $IRWQI_{SC}$ طبقه‌بندی کیفی آب مطابق جدول ۴ انجام شده است.

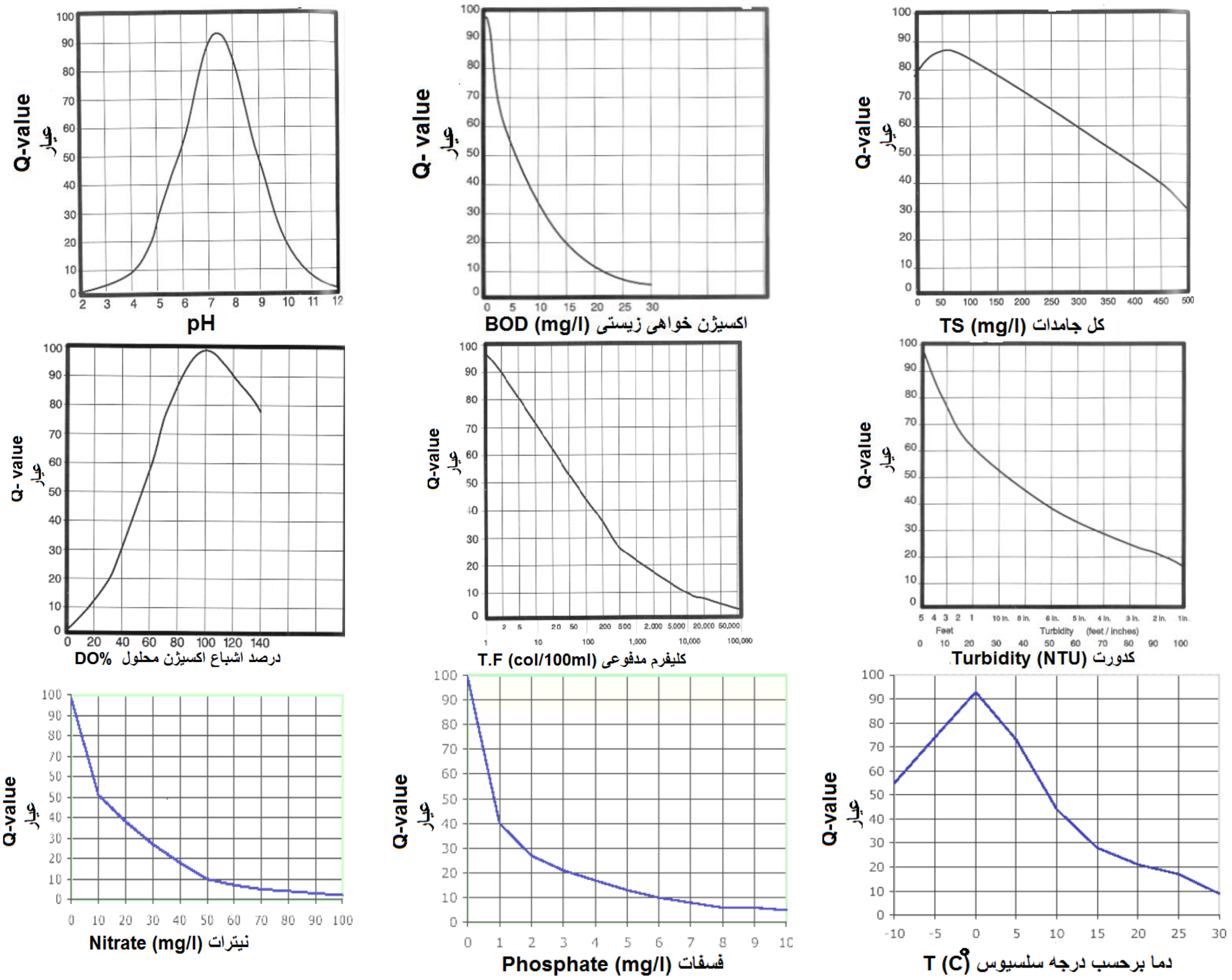
پایین بودن هدایت الکتریکی در شاخه‌های فرعی گمناب‌چای (S2) و مهران‌رود (S4) نسبت به ایستگاه‌های قبلی، هدایت الکتریکی رودخانه آجی‌چای را در طول مسیر کاهش داده است. افزایش اندک هدایت الکتریکی و TDS به‌سمت پایین‌دست جریان دیده می‌شود.

جدول ۱- مقادیر وزن هر پارامتر در شاخص NSFWQI (٤)

Table 1- Weight of the parameters in the NSFWQI index (4)

Parameters	پارامترها	وزن‌ها Weights (wi)
Dissolved oxygen (DO)	اکسیژن محلول	0.17
Fecal coliform (FC)	کلیفرم مدفوعی	0.16
pH	pH	0.11
BOD (5-day) (BOD_5)	اکسیژن خواهی زیستی	0.11
Nitrates	نیترات	0.10
Phosphates	فسفات	0.10
Temperature	درجه حرارت	0.10
Turbidity	کدورت	0.08
Total solids (TS)	جامدات کل	0.07
Total	کل	1.00

رودخانه آجی‌چای در فصل خشک عمدتاً شرایطی مشابه مهران‌رود داشته که به‌دلیل سهم بیشتر این شاخه فرعی در دبی رودخانه به‌سمت پایین‌دست می‌باشد. در فصل تر به‌دلیل سهم بیشتر شاخه اصلی و گمناب‌چای و با توجه به شوری بیشتر این شاخه‌ها، هدایت الکتریکی رودخانه بعد از ایستگاه S4 مشابه شاخه اصلی و گمناب‌چای می‌شود. متوسط هدایت الکتریکی رودخانه آجی‌چای در دو فصل تر و خشک به ترتیب برابر ۴۱۷۳/۶ و ۶۸۷۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و متوسط جامدات محلول حدود ۲۳۰۷ و ۳۲۶۵ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شده است. pH آب رودخانه آجی‌چای در هر دو فصل در حد طبیعی ۶ تا ۸/۵ (۵) بوده و به سمت پایین دست رودخانه به دلیل ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به تدریج افزایش یافته است. مقادیر سختی کل رودخانه آجی‌چای در فصل تر از ۱۸۵ تا ۱۲۷۶ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم معادل و در فصل خشک از ۳۶۵/۳ تا ۳۸۲۸ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم معادل متغیر است.



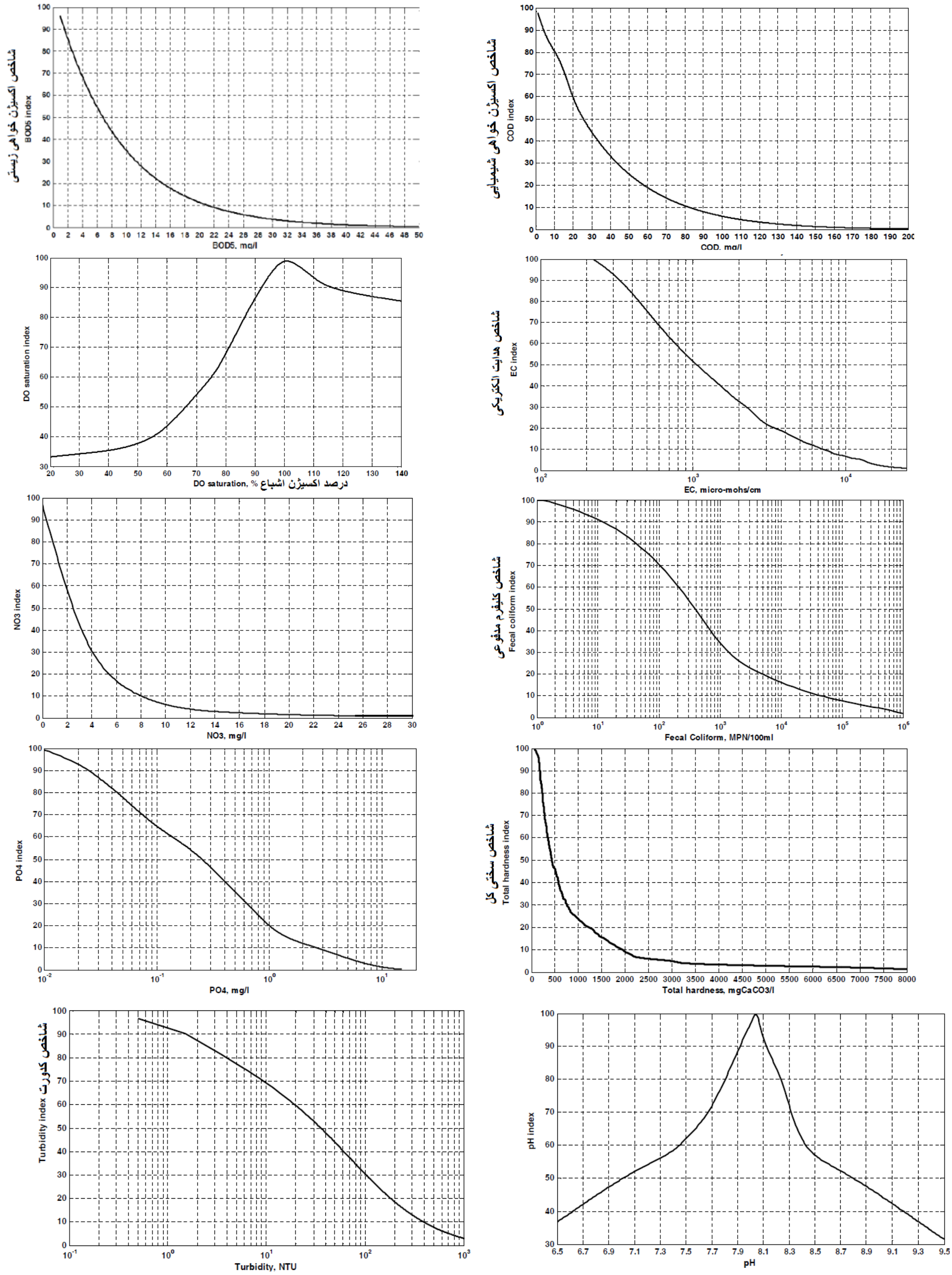
شکل ۳- محاسبه زیر شاخص‌ها در شاخص کیفی NSFWQI

Figure 3- Calculation of sub-indices in NSFWQI index

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص NSFWQI (٤)

Table 2- Water quality classification based on NSFWQI index (4)

مقادیر شاخص WQI value	طبقه‌بندی	Classification	رنگ	Color
0-25	خیلی بد	Very bad	قرمز	Red
25-50	بد	Bad	نارنجی	Orange
50-70	متوسط	Medium	زرد	Yellow
70-90	خوب	Good	سبز	Green
90-100	عالی	Excellent	آبی	Blue



شکل ٤- محاسبه زیر شاخص‌ها در شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$

Figure 4- Calculation of sub-indices in $IRWQI_{SC}$ index

جدول ۳- مقادیر وزن هر پارامتر در شاخص $IRWQI_{SC}$

Table 3- Weight of the parameters in the $IRWQI_{SC}$ index

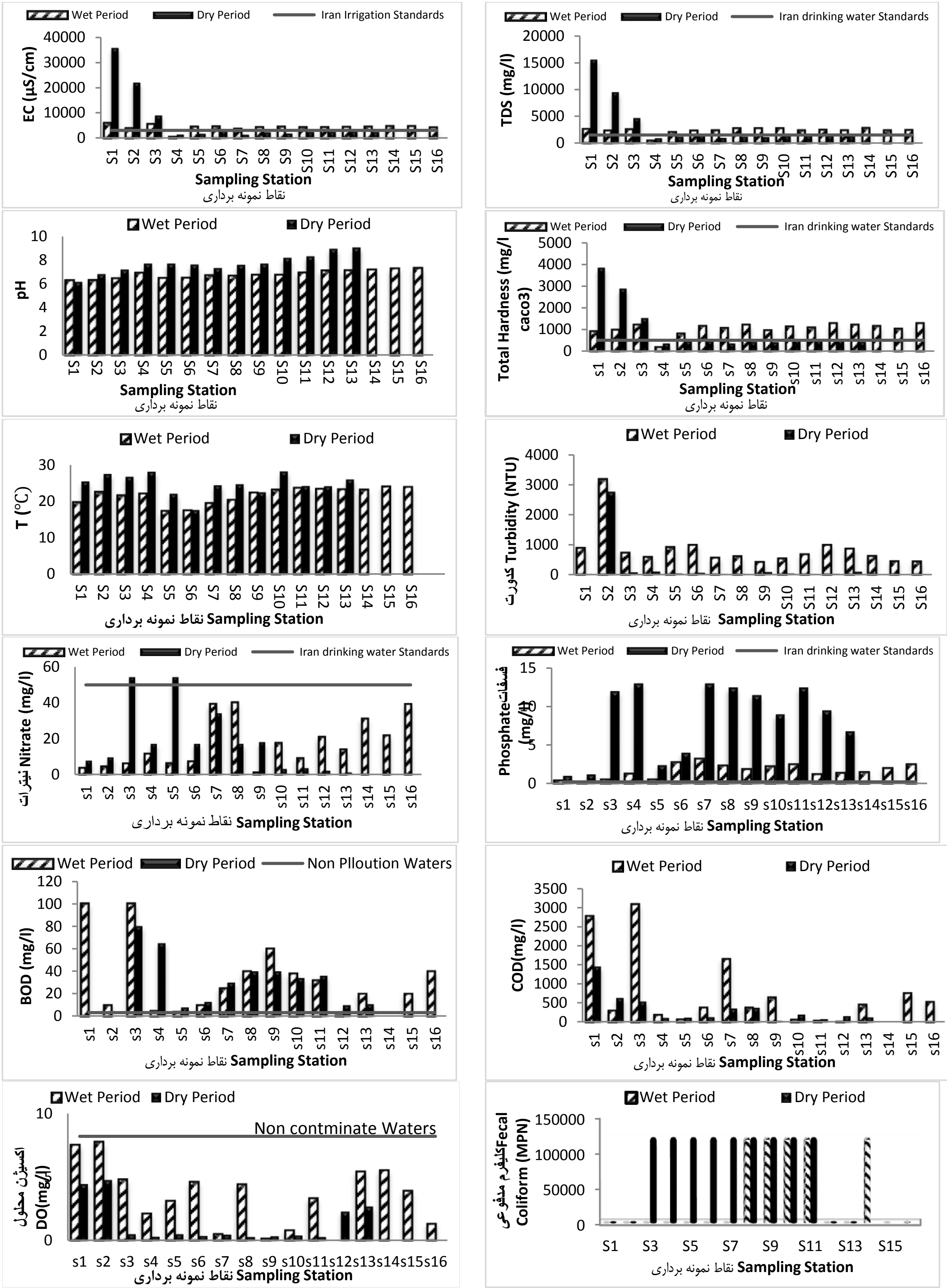
Parameters	پارامترها	وزن‌ها Weights (wi)
Fecal coliform	کلیفرم مدفوعی	0.140
BOD (5-day)	اکسیژن خواهی زیستی	0.117
Nitrates	نیترات	0.108
Dissolved oxygen	اکسیژن محلول	0.097
Electrical conductivity	هدایت الکتریکی	0.096
COD	اکسیژن خواهی شیمیایی	0.093
Ammonia	آمونیوم	0.090
Phosphates	فسفات	0.087
Turbidity	کدورت	0.062
Hardness	سختی	0.059
pH	pH	0.051
Total	کل	1.00

جدول ٤- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص $IRWQI_{SC}$

Table 4- Water quality classification based on $IRWQI_{SC}$ index

مقادیر شاخص WQI Value	Classification	طبقه بندی	Color	رنگ
< 15	Very bad	خیلی بد	Violet	بنفش
15-29.9	Bad	بد	Rad	قرمز
30-44.9	Fairly Bad	نسبتاً بد	Orange	نارنجی
45-55	Medium	متوسط	Yellow	زرد
55.1-70	Fair	نسبتاً خوب	Green	سبز
70.1-85	Good	خوب	Light Blue	آبی روشن
> 85	Excellent	عالی	Dark Blue	آبی تیره

براساس طبقه‌بندی کیفی آب (۲۱) اغلب نمونه‌های آب برداشت شده از رودخانه در رده خیلی سخت قرار می‌گیرند. مقدار مجاز کدورت طبق استاندارد آب شرب ایران NTU ۵ بوده که مقادیر اندازه‌گیری شده در همه نمونه‌های برداشته شده از رودخانه آجی‌چای بالاتر از این حد بوده، که دلیل آن گذر رودخانه آجی‌چای از سازند قرمز فوقانی در قسمت‌های بالادست می‌باشد. غلظت نیترات موجود در آب رودخانه آجی‌چای در فصل تر از ۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر تا ۴۰/۱ میلی‌گرم و در فصل خشک از ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر تا ۵۴ میلی‌گرم بر لیتر متغیر می‌باشد که در فصل خشک در برخی نواحی از حد مجاز (۵۰ mg/l) تجاوز کرده است. در مطالعه‌ای مشابه با عنوان ارزیابی و طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه آجی‌چای با استفاده از شاخص کیفیت آب (۲۴)، بهترین کیفیت آب در بالادست (نرسیده به شهر سراب) و سرچشمه رودخانه آجی‌چای و پایین‌ترین کیفیت در پایین‌دست رودخانه (زیر پل بین المللی تبریز-مرند) تعیین شده است. این تغییرات ناشی از تخلیه فاضلاب‌های انسانی و همچنین فاضلاب‌های کشتارگاه و دیگر واحدهای صنعتی به مهران‌رود در محدوده شهر تبریز بوده که در نتیجه الحاق آن به آجی‌چای باعث افزایش بار آلودگی رودخانه آجی چای گردیده است (۹). نتایج مطالعات قبلی انجام شده در سایر رودخانه‌ها ضمن تایید نتایج تحقیق حاضر، بیانگر تاثیر هر دوی عوامل زمین‌زاد و انسان‌زاد در کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد. برای مثال بررسی تأثیر سازند قرمز زیرین بر کیفیت آب رودخانه آلمالوچای نشان داد کیفیت نمونه‌های پایین‌دست رودخانه به‌دلیل وجود مارن سفید رنگ سازند قرمز تخریب شده و به‌سمت پایین‌دست کیفیت آب زیرزمینی نامناسب‌تر می‌شود (۱۶). ارزیابی کیفیت رودخانه خرم‌آباد با بررسی تغییرات غلظت املاح محلول کل، سختی کل و هدایت الکتریکی در فصول مختلف نشان داد که به‌دلیل وجود سازندهای گچی و نمکی منطقه زاگرس، هدایت الکتریکی رودخانه افزایش یافته و آب رودخانه در رده خیلی سخت و غلظت املاح محلول در حیطه آب‌های نسبتاً شور تا شوری متوسط قرار می‌گیرد (۶). ارزیابی کیفی آب رودخانه چهل‌چای از طریق اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، اسیدیته و غلظت یون‌های اصلی و جامدات محلول نشان داد عامل اصلی کنترل‌کننده شیمی آب رودخانه (با تیپ غالب بی‌کربناته سدیک) سازندهای زمین‌شناسی می‌باشند (۲۵).



شکل ۵- تغییرات پارامترهای کیفی در طول رودخانه آجی‌چای

Figure 5- Spatial variations of quality parameters along the Aji-Chay River

غلظت فسفات در فصل تر از ۰/۰۳ تا ۳/۲ میلی‌گرم بر لیتر و در فصل خشک از ۱ میلی‌گرم تا ۱۳ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده و در طول مسیر رودخانه آجی‌چای به سمت پایین دست افزایش یافته، به‌طوری‌که در همه ایستگاه‌ها مقادیر آن بالاتر از حد استاندارد (mg/l ۰/۲) می‌باشد. مقادیر BOD در نمونه‌های آب برداشته شده از رودخانه آجی‌چای در فصل تر از ۱ تا ۱۰۰ میلی‌گرم و در فصل خشک از صفر تا ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر تغییر می‌کند. طبق استاندارد محیط زیست ایران میزان BOD بیشتر از ۵ نشان‌دهنده آلودگی آب می‌باشد. مقادیر COD نیز در فصل تر از ۱۵ تا ۳۰۸۴ میلی‌گرم و در فصل خشک از ۳۵ تا ۱۴۴۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده است. . افزایش BOD و COD در ایستگاه‌های S7 تا S11 که با کاهش اکسیژن محلول همخوانی دارد، نشان‌دهنده تأثیر فاضلاب و پساب‌های صنعتی ورودی به رودخانه آجی‌چای و آلودگی آن می‌باشد. متوسط میزان اکسیژن محلول در نمونه‌های رودخانه آجی‌چای در فصل تر و خشک به ترتیب ۳/۶ و ۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقادیر کلی‌فرم‌های مدفوعی (FC) در هر دو فصل از صفر تا بیشتر از ۱۱۰۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی لیتر آب متغیر می‌باشد. افزایش کلی‌فرم‌های مدفوعی و بنابراین آلودگی بیولوژیکی رودخانه بعد از عبور شاخه اصلی رودخانه آجی‌چای از شهر بیانگر منشأ انسانزاد آن می‌باشد. نسبت کلی‌فرم‌های مدفوعی به کل کلی‌فرم اندازه‌گیری شده در هر دو فصل بالای ۰/۱ بوده که منشأ انسانی کلی‌فرم‌ها (۱۰) ناشی از تخلیه فاضلاب به داخل رودخانه را به اثبات می‌رساند.

جدول ۵- مقادیر متوسط پارامترهای کیفی اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های آب رودخانه آجی‌چای

Table 5- Average values of the quality parameters measured in water samples from Aji- Chay River

Parameters	پارامترها	Minimum Value مقادیر کمینه		Maximum Value مقادیر بیشینه		Average میانگین	
		Wet (تر)	Dry(خشک)	Wet (تر)	Dry(خشک)	Wet (تر)	Dry(خشک)
EC (μs/cm)	هدایت الکتریکی	509	1430	5750	35700	4173.6	6872
pH	pH	6.3	6.17	7.33	9.05	6.8	7.7
Temperature (ºC)	درجه حرارت	17.3	17.6	23.9	28.2	21.6	24.7
Turbidity (NTU)	کدورت	420	10	3178.5	2760	841.8	256.3
TDS (mg/l)	کل جامدات محلول	457.3	972.8	2737.3	15480	2307	3265
Hardness	سختی	185.1	365.3	1276	3828.1	1034.2	986.2
NO_3 (mg/l)	نیترات	1.1	1.2	40.1	54	17.1	18.3
PO_4 (mg/l)	فسفات	0.03	1	3.17	13	1.6	8.3
DO (mg/l)	اکسیژن محلول	0.15	0.31	7.7	4.7	3.4	1.3
BOD (mg/l)	اکسیژن خواهی زیستی	1	0	100	80	31.5	28.2
COD (mg/l)	اکسیژن خواهی شیمیایی	15.2	0	3084	1440	710.1	286.5
Fecal Coliform (MPN)	کلیفرم مدفوعی	< 300	< 300	>110000	>110000	-	-

محاسبه شاخص‌های کیفی در رودخانه آجی‌چای

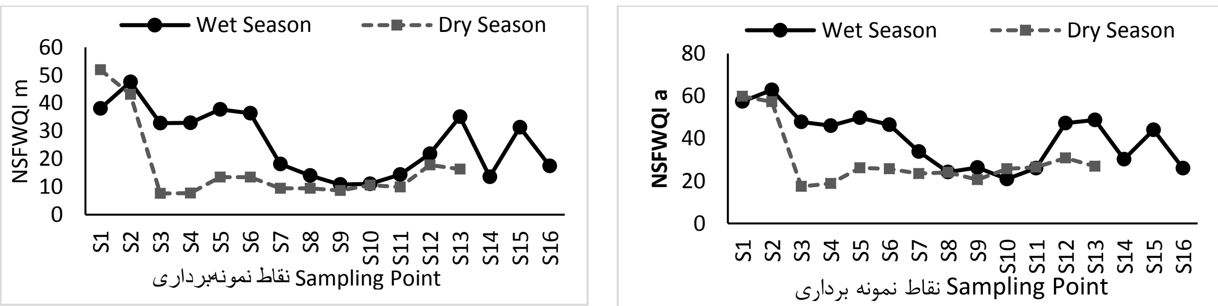
شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) برای نمونه‌های برداشت‌شده از رودخانه آجی‌چای در فصول تر و خشک به هر دو فرم افزایشی ($NSFWQI_a$) و ضربی ($NSFWQI_m$) محاسبه و نتایج در جدول ۶ ارائه شده است. در محاسبه شاخص NSFWQI وزن پارامترهایی مانند اکسیژن محلول و کلی‌فرم مدفوعی بالا بوده و بنابراین در محاسبه این شاخص نقش بیشتری دارند. تغییرات هر دو شاخص کیفی NSFWQI در شکل ۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود ایستگاه اول (ورودی دشت) و شاخه فرعی گمناب‌چای (ایستگاه دوم) در هر دو فصل تر و خشک نسبت به ایستگاه‌های پایین دست خود به دلیل بالا بودن میزان اکسیژن محلول و عدم وجود کلی‌فرم مدفوعی از شاخص کیفی بالاتری برخوردار بوده و بنابراین کیفیت بهتری دارند. در بقیه ایستگاه‌ها به‌خصوص ایستگاه‌های ابتدایی (S_3 و S_4) و ایستگاه‌های میانی (S_7 تا S_{12}) کیفیت آب رودخانه به‌دلیل تخلیه انواع فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و همچنین رواناب کشاورزی در پایین‌ترین حد خود یعنی در رده خیلی بد قرار می‌گیرد.

جدول ٦- مقادیر عددی محاسبه شده شاخص NSFWQI و رده‌بندی کیفی رودخانه آجی‌چای
Table 6- Calculated values of NSFWQI and classification of the Aji-Chay river

Sample نمونه	Wet Season فصل تر				Dry Season فصل خشک			
	$NSFWQI_a$	Class	$NSFWQI_m$	Class	$NSFWQI_a$	Class	$NSFWQI_m$	Class
S_1	57.40	Medium	38.10	Bad	59.80	Medium	51.90	Medium
S_2	62.80	Medium	47.60	Bad	57.30	Medium	43.00	Bad
S_3	47.80	Bad	32.70	Bad	17.40	Very bad	7.50	Very bad
S_4	46.00	Bad	32.90	Bad	18.70	Very bad	7.70	Very bad
S_5	49.70	Bad	37.70	Bad	26.10	Bad	13.40	Very bad
S_6	46.40	Bad	36.30	Bad	25.60	Bad	13.50	Very bad
S_7	33.80	Bad	18.10	Very bad	23.50	Very bad	9.40	Very bad
S_8	24.20	Very bad	14.00	Very bad	24.00	Very bad	9.30	Very bad
S_9	26.30	Bad	10.80	Very bad	20.50	Very bad	8.60	Very bad
S_{10}	20.90	Very bad	10.90	Very bad	25.60	Bad	10.50	Very bad
S_{11}	25.90	Bad	14.40	Very bad	26.40	Bad	9.80	Very bad
S_{12}	47.20	Bad	21.70	Very bad	30.70	Bad	17.80	Very bad
S_{13}	48.60	Bad	35.00	Bad	26.90	Bad	16.30	Very bad
S_{14}	30.20	Bad	13.50	Very bad	−	−	−	−
S_{15}	44.00	Bad	31.30	Bad	−	-	-	-
S_{16}	25.90	Bad	17.40	Very bad	-	−	-	-

Medium: متوسط Bad: بد Very Bad: خیلی بد

در هر دو فصل تر و خشک، بخش ابتدایی و انتهایی رودخانه از کیفیت مناسب‌تری برخوردار بوده که این موضوع مرتبط با عدم وجود منابع آلاینده در بخش ابتدایی و رخداد احتمالی پدیده خودپالایی در قسمت‌های انتهایی رودخانه می‌باشد. بدیهی است بهبود نسبی کیفیت در دوره تر به‌دلیل افزایش حجم آب در رودخانه قابل انتظار می‌باشد که این موضوع با افزایش عدد شاخص NSFWQI دیده می‌شود (شکل ۶). اختلاف اعداد شاخص NSFWQI در دوره‌های تر و خشک که در محدوده ایستگاه‌های S3 تا S7 دیده می‌شود، مرتبط با تغییر رژیم جریان (آبدهی) رودخانه آجی‌چای در دوره‌های خشک و تر می‌باشد. رودخانه آجی‌چای در دوره تر به‌دلیل سهم بیشتر شاخه اصلی ورودی به دشت و شاخه فرعی گمناب‌چای (S2) در دبی رودخانه، کیفیتی مشابه آنها دارد. لیکن در فصل خشک به‌دلیل قطع جریان در شاخه گمناب‌چای، عمدتاً شرایط کیفی رودخانه مشابه شاخه فرعی مهران‌رود (S4) شده که این موضوع به‌دلیل سهم بیشتر این شاخه فرعی در دبی (آبدهی) رودخانه به سمت پایین‌دست در فصل خشک می‌باشد. تاثیر شاخه فرعی مهران‌رود در کیفیت رودخانه آجی‌چای در دوره خشک پس از عبور آن از منطقه شهری تبریز، سبب تخریب کیفیت رودخانه آجی‌چای شده و همان‌طور که ملاحظه می‌شود تاثیر آن در فصل خشک به‌دلیل کاهش حجم آب و بنابراین بارآلودگی بالاتر آن نسبت به فصل تر بیشتر می‌باشد. این موضوع سبب فاصله گرفتن نمودارهای مربوط به دوره‌های خشک و تر در محدوده پایین دست شاخه فرعی مهران‌رود می‌باشد. مقادیر شاخص در سایر ایستگاه‌ها در دوره‌های خشک و تر نسبتاً مشابه می‌باشد.



شکل ٦- وضعیت کیفی رودخانه آجی‌چای براساس دو فرم شاخص NSFWQI (مقادیر بالاتر نشان‌دهنده کیفیت بهتر رودخانه می‌باشد)
Figure 6- Quality status of the Aji-Chay river based on NSFWQI (higher values represent the better qualities)

بر اساس شاخص $NSFWQI_a$ از حدود ۶۳ کیلومتر طول شاخه اصلی رودخانه آجی‌چای واقع در دشت تبریز طی فصل تر، ۶۱۲/۱ متر از محل نمونه‌برداری در ورودی دشت تا شاخه فرعی گمناب‌چای در رده متوسط، حدود ۵۳/۴ کیلومتر در رده بد و ۹/۶ کیلومتر در رده خیلی بد قرار دارد. در فصل خشک نیز با در نظر گرفتن طول قسمت خشک‌شده رودخانه آجی‌چای (ایستگاه S14 به بعد) حدود ۱۵/۸ کیلومتر از شاخه اصلی (بعد از ایستگاه دوم) در رده بد و حدود ۱۸/۹ کیلومتر دیگر در رده خیلی بد قرار گرفتند.

بر اساس شاخص $NSFWQI_m$ نیز طی فصل تر، حدود ۲۲/۴ کیلومتر از شاخه اصلی رودخانه آجی‌چای در رده بد و حدود ۴۱/۱ کیلومتر نیز در رده خیلی بد قرار دارند. در فصل خشک نیز کل مسیر رودخانه بعد از ایستگاه دوم (شاخه فرعی گمناب‌چای) در رده خیلی بد قرار می‌گیرد. در مجموع بر اساس نتایج شاخص کیفی NSFWQI بخش زیادی از طول رودخانه آجی‌چای از کیفیت بد و خیلی بدی برخوردار می‌باشند که این موضوع تاثیر منابع آلاینده مختلف شهری مجاور این رودخانه (شکل ۲) بر آلودگی و تخریب کیفیت آن را اثبات می‌نماید.

وضعیت کیفی رودخانه آجی‌چای بر اساس شاخص کیفی منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) نیز برای هر دو فصل تر و خشک مورد بررسی قرار گرفته و نتایج محاسبه این شاخص و طبقه‌بندی کیفیت رودخانه آجی‌چای بر اساس آن در جدول ۷ ارائه شده است.

با توجه به این شاخص اکثر نمونه‌های آب در رده بد و خیلی بد قرار گرفتند. در محاسبه شاخص کیفی آب سطحی ایران پارامترهای کلی‌فرم مدفوعی، اکسیژن خواهی بیولوژیکی و نیترات دارای بیشترین وزن می‌باشند. وجود مقادیر بالای این پارامترها در تعدادی از ایستگاه‌ها دلیل کاهش کیفیت رودخانه در محل آنها می‌باشد. برای مثال ایستگاه S_3 به دلیل ورود فاضلاب خام شهری (فاضلاب منطقه رضوانشهر) و ایستگاه‌های S_7 تا S_9 به دلیل تجمع مراکز صنعتی در هر دو فصل تر و خشک دارای بدترین کیفیت آب می‌باشند (شکل ۷).

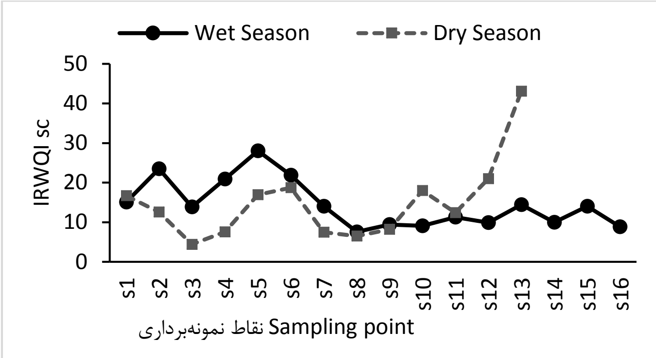
با توجه به شاخص $IRWQI_{SC}$ در فصل تر از ۶۳ کیلومتر طول شاخه اصلی رودخانه آجی‌چای حدود ۷/۴۳ کیلومتر در رده بد و بقیه طول رودخانه در رده خیلی بد قرار می‌گیرد. در فصل خشک نیز با در نظر گرفتن طول قسمت خشک‌شده رودخانه آجی‌چای حدود ۳/۹ کیلومتر در رده نسبتاً بد، ۱۴/۴ کیلومتر در رده بد و ۱۷/۱ کیلومتر در رده خیلی بد قرار گرفتند. با توجه به این شاخص بدترین کیفیت آب مربوط به قسمت‌های ابتدایی (ایستگاه‌های S_4 و S_3) و میانی دشت (S_7 تا S_{12}) به‌دلیل ورود انواع فاضلاب‌ها به رودخانه آجی‌چای می‌باشد.

جدول ۷- مقادیر عددی شاخص $IRWQI_{SC}$ و رده‌بندی کیفی رودخانه آجی‌چای بر اساس آن

Table 7- Numerical Values of $IRWQI_{SC}$ and quality classification of the Aji-Chay river

Sample نمونه	Wet Season فصل تر		Dry Season فصل خشک	
	WQI value مقادیر شاخص	Classification طبقه بندی	WQI value مقادیر شاخص	Classification طبقه بندی
S_1	15.10	Bad	16.70	Bad
S_2	23.40	Bad	12.50	Very bad
S_3	13.80	Very bad	4.40	Very bad
S_4	20.19	Bad	7.50	Very bad
S_5	28.00	Bad	16.90	Bad
S_6	21.80	Bad	18.70	Bad
S_7	14.00	Very bad	7.40	Very bad
S_8	7.50	Very bad	6.50	Very bad
S_9	9.30	Very bad	8.20	Very bad
S_{10}	9.00	Very bad	17.90	Bad
S_{11}	11.20	Very bad	12.30	Very bad
S_{12}	9.80	Very bad	20.90	Bad
S_{13}	14.40	Very bad	43.00	Fairly bad
S_{14}	9.90	Very bad	-	-
S_{15}	14.00	Very bad	-	-
S_{16}	8.80	Very bad	-	-

Fairly bad: نسبتاً بد Bad: بد Very bad: خیلی بد



شکل ۷- وضعیت کیفی رودخانه آجی‌چای براساس شاخص $IRWQI_{SC}$ (مقادیر بالاتر نشان‌دهنده کیفیت بهتر رودخانه می‌باشد)
Figure 7- Quality status of the Aji-Chay river based on $IRWQI_{SC}$ (higher values represent the better qualities)

مقایسه شاخص‌های کیفی

شاخص کیفی بنیاد ملی آمریکا (NSFWQI) پرکاربردترین شاخص در جهان بوده و از طرف سازمان محیط زیست ایران نیز مورد تأیید می‌باشد. پهنه‌بندی کیفی رودخانه آجی‌چای نشان داد استفاده از شاخص کیفی NSFWQI برای ارزیابی و طبقه‌بندی کیفی این رودخانه نتیجه‌بخش بوده و روند تغییرات کیفی آب در طول مسیر رودخانه با استفاده از آن قابل بررسی می‌باشد. از بین دو فرم افزایشی ($NSFWQI_a$) و ضربی ($NSFWQI_m$) این شاخص، فرم ضربی آن به دلیل اینکه فاقد حساسیت از نظر اثر یک پارامتر بد بر روی شاخص کلی است، نسبت به فرم افزایشی آن دارای برتری می‌باشد. محاسبه شاخص کیفی آب ایران $IRWQI_{SC}$ نیز نشان داد این شاخص مقادیری نزدیک به فرم ضربی شاخص کیفی NSFWQI داشته و استفاده از آن برای پهنه‌بندی رودخانه آجی‌چای مفید می‌باشد.

مقایسه دو فرم افزایشی و ضربی شاخص کیفی NSFWQI در دو فصل تر و خشک (جدول ۶) نشان می‌دهد پراکنش و مجموع تفاوت اعداد در هر دو شاخص نسبتاً مشابه بوده و لذا استفاده از هر دو شاخص برای پهنه‌بندی رودخانه مناسب می‌باشد. لیکن با توجه به عدم حساسیت فرم ضربی از نظر اثر یک پارامتر بد بر روی شاخص کلی، شاخص $NSFWQI_m$ نسبت به $NSFWQI_a$ برتری داشته و لذا جهت پهنه‌بندی رودخانه آجی‌چای پیشنهاد می‌گردد. مقایسه شاخص‌های $NSFWQI_m$ و $IRWQI_{SC}$ نیز نشان می‌دهد در فصل تر شاخص $IRWQI_{SC}$ نسبت به شاخص $NSFWQI_m$ تفاوت کیفیت‌های آب را بهتر نشان می‌دهد، در حالیکه در فصل خشک احتمالاً به دلیل حاکم بودن شرایط بد زیست‌محیطی شاخص $NSFWQI_m$ تفاوت کیفیت آب را بهتر از شاخص $IRWQI_{SC}$ نشان داده است.

نتیجه‌گیری

رودخانه آجی‌چای از مهمترین رودهای جاری در استان آذربایجان شرقی بوده که در طول مسیر خود از دشت تبریز تحت تاثیر منابع آلاینده مختلفی قرار گرفته و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. در این مطالعه با استفاده از شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) در دو فرم افزایشی ($NSFWQI_a$) و ضربی ($NSFWQI_m$) و شاخص کیفیت آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) طبقه‌بندی کیفی این رودخانه در محدوده دشت تبریز انجام گردید. فرم‌های افزایشی و ضربی شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت آمریکا به ترتیب با میانگین ۳۹/۸ و ۲۵/۸ در فصل تر و ۲۹/۵ و ۱۶/۸ در فصل خشک، نشان دهنده کیفیت پایین رودخانه به ویژه در فصل خشک می‌باشند. بر اساس این شاخص نمونه‌های ابتدای مسیر جریان (ورودی دشت) در هر دو فصل نسبت به ایستگاه‌های پایین دست کیفیت بهتری داشته و در رده متوسط کیفی قرار گرفتند. نمونه‌های مربوط به نواحی میانی و انتهایی دشت به‌دلیل تمرکز انواع آلاینده‌ها و تخلیه فاضلاب به رودخانه، کیفیت پایین‌تری داشته و در رده خیلی بد طبقه‌بندی می‌گردند. شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران نیز با میانگین عددی ۱۴/۵ در فصل تر و ۱۴/۸ در فصل خشک نشان‌دهنده کیفیت بد تا خیلی بد رودخانه آجی‌چای به‌دلیل ورود فاضلاب خام شهری و صنعتی به‌خصوص در نواحی میانی دشت می‌باشد. این موضوع لزوم مدیریت کیفی این منبع آبی ارزشمند را مشخص می‌نماید. شاخص‌های کیفی مورد استفاده در این مطالعه تغییرات کیفی رودخانه را در رده‌های متوسط تا خیلی بد طبقه‌بندی نمودند که از بین آنها فرم ضربی شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت آمریکا ($NSFWQI_m$) و شاخص $IRWQI_{SC}$ با نتایج نسبتاً مشابه برای پهنه‌بندی رودخانه در راستای مدیریت و برنامه‌ریزی بهبود کیفیت آن توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری مدیران و کارشناسان کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی بابت حمایت در انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Alizadeh M., Mirzaei R., and Kia SH. 2017. Determining the spatial trend of water quality indices across Kan and Karaj River Basins. Journal of Environmental Health Engineering 4:3:243-256. (In Persian with English abstract)
2. Akkoyunlu A., and Akiner M.E. 2012. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecol. Indic., 18: 501–511.
3. Amadi A.N., Yisa J., Ogbonnaya I.C., Dan-Hassan M.A., Jacob J.O., and Alkali Y.B. 2012. Quality evaluation of river chanchaga using metal pollution index and principal component analysis. Geogr. Geol., 4: 2: 13.
4. Abbasi A., and Abbasi S.A. 2012. Water quality indices.
5. Chapman D.V. 1996. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.
6. Daneshfar M., and Haghzadeh A. 2014 Trending and monitoring of water quality in up- and downstream of Khoram abad river, Notional Symposium of science and watershed management. (In Persian with English abstract)
7. Ebrahimpour S., and Mohammadzadeh H. Assesing and zoning of the water quality of Zarivar lake using qualitative indicators of CWQI,OWQI and NSFWQI. Envirinmental Res., 4: 7: 137–146. (In Persian with English abstract)
8. Effendi H., and Wardiatno Y. 2015. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. Procedia Environ. Sci., 24: 228–237.
9. Fataei A., Hassanpour H., Salehzade G., Gholizadeh S., and Mehrvarz M. 2010. Assessment and classification of Aji-Chay river using water quality index (WQI), National conference of water, clean water, Tehran. (In Persian with English abstract with English abstract)
10. Kenner B.A., Clark H.F., and Kabler P.W. 1961. Fecal streptococci I. Cultivation and enumeration of streptococci in surface waters," Appl. Microbiol., 9(1): 15–20.
11. Meftah Helghi M. 2011. Water quality zonation using different quality indicators, Case study: Atrak River, water and soil conservation, 18: 2. (In Persian with English abstract)
12. Mohseni-Bandpey A., Majlesi M., and Kazempour A. 2014. Evaluation of Golgol river water quality in Ilam province based on the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI). Journal of Health in the Field 1(4): 1-7 (In Persian with English abstract)
13. Nikoonahad A., Moazed H., and Kazembeigi F. 2010. Comparing Inices for Selecting the Best Index for Karkheh Dam. Water Resourses Res., 3(4): 69–73. (In Persian with English abstract)
14. Parastar S., Poureshgh B., Dargahhi A., Poreshgh Y., and Vosoughi M. 2013. Quality assessment of Hiroo River by NSFWQI and WILCOX indices in Khalkhal. Health Journal 4(3): 273-283. (In Persian with English abstract)
15. Rice E.W., Bridgewater L., Association A.P.H., Association A.W.W., and Federation W.E. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association.
16. Rezaei M., Ganjkhani M., and Saatsaz M. 2016. Investigation of the impact of the lower red formation on groundwater quality using geo-electric methods in Almalochy valley, Mahneshan, Zanjan, Iranian geological society symposium, Tehran, 2016. (In Persian with English abstract)
17. Shamsaei A., Zareh S.O., and Sarang A. 2004. The comparison of water indices and zoning quality in karoon and Dez rivers. Water Wastewater, 16(3): 39–48. (In Persian with English abstract)
18. Shokuhi R., Hosinzadeh E., Roshanaei G., Alipour M., and Hoseinzadeh S. 2012. Evaluation of Aydughmush Dam reservoir water quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and water quality parameter changes. Health and Environmental 4: 439-450 (In Persian with English abstract)
19. Sharifdini N.G., Amirnezhad R., and Saeb K. 2014. Qualification zoning of the Dohezar River according to NSFWQI and using GIS. J Mazandaran Univ Med Sci. 24:118:29-39. (In Persian with English abstract)
20. Samadi J. 2015. Survey of spatial-temporal impact of quantitative and qualitative of land use wastewaters on Choghakhor Wetland pollution using IRWQI Index and statistical methods. Iranian Water Resources Research 11(3): 159–171. (In Persian with English abstract)
21. Sadeghi M., Bay A., Bay N., Soflaie N., Mehdinejad M.H., and Mallah M. 2015. The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and IRWQISC. Journal of Health in the Field 3:3:27-33. (In Persian with English abstract)
22. Sharma D., and Kansal A. 2011 Water quality analysis of River Yamuna using water quality index in the national capital territory, India (2000–2009). Appl. water Sci., 1:3–4:147–157.
23. Sharma P., Meher P.K., Kumar A., Gautam Y.P., and Mishra K.P. 2014. Changes in water quality index of Ganges river at different locations in Allahabad. Sustain. Water Qual. Ecol., 3: 67–76.
24. Todd D.K., and Mays L.W. 2005. Groundwater hydrology.
25. Teimoori A, Kaboli A., and Eslami A. 2013. Evaluation of quality and hydrochemistry of Chehel-Chay river, 8th conference of Iranian engineering geology society and environment. Mashahd. (In Persian with English abstract)
26. Yekom Consulting Engineers. 2012. Groundwater studies in plains of East Azerbaijan Province, East Azerbayjan Regional Water Authority Report. (In Persian)

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1203-1218

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۲۱۸-۱۲۰۳

Assessment of Aji-Chay River Pollution in Tabriz Plain Area Using Water Quality Indices

Z. Pashazadeh Laleh[1]- H. Jafari[2]*- A.R. Vaezi Hir[3]
Received: 12-06-2019
Accepted: 02-11-2020

Introduction: The water is the major key in sustainable development, so it is necessary to be managed and conserved. The quality of surface water resources is mainly controlled by natural or geogenic factors including chemistry of recharge water, soil and geology processes, as well as the man-made contaminant. Qualitative indicators are used as effective managing tools in decision making programs. Water quality indices (WQI) are the simple and suitable tools to determine the quality statue of the water. In order to calculate the water quality index, many parameters are integrated in mathematical formula to represent the quality condition of the water with a number which classifies the quality in the scales of the weak to excellent. Many water quality indices were introduced by researchers and organizations around the world. Aji-Chay, one of the most important flowing rivers in East-Azerbaijan province, northwest of Iran, is passing through Tabriz plain in its way and finally ends to the Uremia lake. Regarding the focused industrial zones, agricultural field and urban areas in this plain, the river is highly vulnerable to pollution and quality degradation. So, this study was aimed to assess the Aji-chay River based on quality indicators, in order to helps its better management.

Materials and Methods: In this research for assessing pollution of the Aji-Chay river using water quality indices, 16 sampling stations were located along the river and water samples were collected during wet (May 2016) and dry (September 2016) seasons. Electrical conductivity (EC), temperature, dissolved oxygen (DO) and pH were measured in the field and total dissolved solids (TDS), turbidity, major ions (Ca, Mg, Na, K, HCO_3, Cl, SO_4), nitrate (NO_3), phosphate (PO_4), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and biological contaminants (fecal coliform) were determined in the laboratory. Quality indicators including the US national sanitary foundation water quality indices in the two forms of multiplicative ($NSFWQI_m$) and additive ($NSFWQI_a$) and Iranian surface water quality index ($IRWQI_{sc}$) were used to assess the quality of the Aji-Chay river.

Results and Discussion: Turbidity and Electrical conductivity (EC) is high at the upstream which is related to movement of the River in upper red formation (Miocene series) which enhances the chloride, sodium, calcium and sulfate. Arsenic concentrations are exceeding the drinking standards (0.01 ppm) across all samples mainly from a geogenic sources as well as discharge of wastewater in some areas. The elements Cd, Mn, Ni, Pb, Mo, Co, Zn, Fe and Al are mainly geogenic, whereas Cu, Ba and Cr are mostly originated from anthropogenic activities. Based on the results, river quality at the wet season is highly controlled by the main branch and Gomnab-Chay, but Mehran-rood plays the major role in downstream water quality at the dry season due to its higher discharge rate. The process was confirmed by Piper and Schoeller diagrams. Most of the parameters are increased in middle parts at the river where the concentrated sources of contaminates and discharge of wastewater increased the organic and biological constituents and nutrients especially in dry season. Assessing the river quality for agricultural uses based on modified Wilcox diagram shows except for Mehran-rood, the other samples are unsuitable for agriculture and the dry season quality is better than the wet season. Based on the results, increase in most parameters and so, pollution and quality degradation of the river are observed to the downstream. Assessing quality of the Aji-Chay river using US national sanitary foundation water quality indices in the two forms of multiplicative ($NSFWQI_m$) and additive ($NSFWQI_a$) and Iranian surface water quality index ($IRWQI_{sc}$) confirmed the bad to very bad qualitative statue of the river in most stations especially in the middle parts of the Tabriz plain. The results revealed that quality degradation of Aji-Chay river is probably due to discharge of contaminants from municipal and industrial wastewaters (effluents), highlighting the need for managing actions to improve quality of this important river. Comparing the quality indices showed the priority of $NSFWQI_m$ (multiplicative form of US national sanitary foundation water quality indices) in quality classification and pollution assessment of the Aji-Chay river.

1 and 2- M.Sc. Student of Environmental Geology and Associate Professor of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: h_jafari@shahroodut.ac.ir)
3- Associate Professor of Hydrogeology, Faculty of Natural Sciences, Department of Geology, Tabriz University, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i6.80732

Conclusion: Quality degradation of Aji-Chay river is probably due to discharge of contaminants from municipal and industrial wastewater effluents, indicating the need for managing actions to improve quality of this river. In this study priority of $NSFWQI_m$ (multiplicative form of US national sanitary foundation water quality indices) in quality classification and pollution assessment of the Aji-Chay river was confirmed.

Keywords: Coliform, East-Azerbaijan, Quality Classification, Quality degradation, Nitrate, Wastewater